



III-169 - AVALIAÇÃO DE MECANISMOS DE DESENVOLVIMENTO LIMPO – MDL: ESTUDO DE CASO NO ATERRO DO AURÁ EM BELÉM/PA

Ana Carla Faro Gomes ⁽¹⁾

Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Pará.

Elidiane do Socorro Souza de Assis ⁽²⁾

Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Pará.

Arielle Marie Matos Monteiro ⁽³⁾

Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Pará.

Françoise Helouise Costa Nascimento ⁽⁴⁾

Engenharia Sanitária pela Universidade Federal do Pará.

Paulo Fernando Norat Carneiro ⁽⁵⁾

Mestre em Engenharia Civil pela Universidade Federal do Pará.

Endereço ⁽¹⁾: Estrada da Ceasa, Pas. Torres, Nº30, Prox. ao INCRA- Curió Utinga - Belém - Pará - CEP: 66610-730 - Brasil - Tel: 21 (91) 3276-6812 - e-mail: carlota_faro@yahoo.com.br.

RESUMO

O Efeito Estufa é um dos problemas que mais tem merecido a preocupação de cientistas e especialistas no mundo inteiro. Suas causas são as mais diversas possíveis, por este motivo, o presente trabalho vem avaliar a aplicação de um dos principais mecanismos utilizados para amenizar o problema: O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL, no Aterro Aurá/PA, localizado em Belém. A partir do conhecimento de que o efeito estufa é provocado principalmente pela emissão de gases como o Metano (CH₄) e o Dióxido de Carbono (CO₂), neste caso, gerados pelos resíduos sólidos urbanos, e que o objetivo do projeto, consiste na captação e reutilização do biogás liberado pelos RSU's depositados no aterro, o trabalho vem apresentar uma avaliação desse sistema de captação realizada in loco. Para isso, usa-se a metodologia do IPCC no estudo do caso do Aurá/PA; onde, a partir dos levantamentos técnicos e de conhecimento realizados no aterro, utilizou-se a Equação para Emissões de Metano, para obter resultados, tendo assim uma visão ampla de como o sistema opera, bem como, sua real capacidade de desempenho, aferindo-se deste modo, seus números reais de contribuição para a redução dos efeitos sócio-ambientais provocados pelo aquecimento global. Espera-se que o aterro atinja sua capacidade máxima nos próximos anos, pois ainda não está explorando todo o seu potencial devido ao pouco tempo de implantação.

PALAVRAS-CHAVES: Efeito Estufa, MDL, Resíduos Sólidos, Aterro, Biogás.

INTRODUÇÃO

Com o cenário global de desenvolvimento acelerado, iniciado com a Revolução Industrial do século XIX, o mundo notou que as conseqüências da utilização descontrolada dos recursos naturais são severas e os impactos causados podem ser irreversíveis. Diante dessa preocupante situação, foram organizados diversos encontros com a finalidade de buscar soluções para os problemas decorrentes do uso desordenado dos recursos naturais, surgindo assim resultados favoráveis, a fim de amenizar tal situação.

A partir de várias Conferências realizadas desde a década de 70, dentre as quais, destacam-se encontros como a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente, realizada em Estocolmo em 1972, a Comissão Mundial Sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento (1983) e a Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), esta última ocorrida no Rio de Janeiro em 1992, conhecida também como ECO – 92 ou ainda RIO – 92.

Neste último encontro foram estabelecidas metas para a consolidação dos conceitos de Desenvolvimento Sustentável, para a conscientização dos problemas relacionados ao Meio Ambiente, o qual teve participação maciça de chefes de estado onde estes assinaram o compromisso de redução de emissão dos gases geradores do efeito estufa (dentre os quais o Metano – CH₄), o que demonstrou preocupação com as questões sobre Mudanças Climáticas.



E ainda, a partir do qual, foi elaborado o Protocolo de Quioto no ano de 1997. Este documento vem apresentar como meta, a redução de emissão dos gases geradores do efeito estufa, e o período para que os países adequem-se aos padrões aceitáveis de emissões de tais gases. Fica ainda estabelecido com o Protocolo que os países desenvolvidos devem reduzir as emissões de Gases de Efeito Estufa (GEE's), e os países em desenvolvimento podem até aumentá-las, caso alcancem o desenvolvimento sustentável.

O Protocolo estabelece ainda três mecanismos de “flexibilidade” os quais permitem que os países desenvolvidos cumpram com as exigências de redução de emissão fora dos seus territórios: a Implementação Conjunta; o Comércio de Emissões; e o Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL), este último tem fundamental importância para o presente estudo.

É diante do cenário atual que este trabalho pretende apresentar uma avaliação de Mecanismo de Desenvolvimento Limpo (MDL): Estudo de Caso no Aterro do Aurá/PA, com a finalidade de se obter conhecimentos referentes ao funcionamento deste local, onde o trabalho está sendo desenvolvido em duas etapas, para se alcançar os objetivos propostos. Na primeira etapa aplicada ao estudo, ocorreu o levantamento de dados e informações a respeito da infra-estrutura do aterro, da quantidade e qualidade dos resíduos depositados e que chegam diariamente a este local. Já a segunda etapa consistirá na realização de estudos a partir das informações obtidas na etapa anterior.

O intuito desta análise é compreender a realidade atual do empreendimento, desenvolvendo assim o estudo com o objetivo de verificar: Qual a eficiência e o custo de vida do aterro com a implantação do MDL? Qual será a redução de emissões de gases do efeito estufa, através da coleta do biogás gerado no aterro do Aurá/PA?

MATERIAIS E MÉTODOS

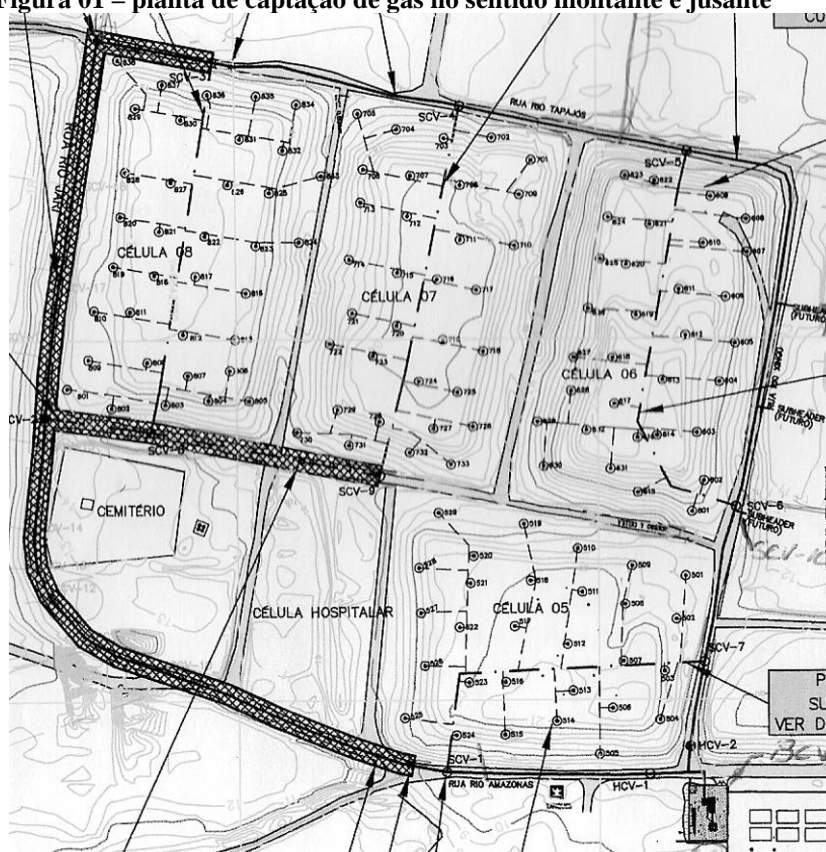
O IPCC (1996) descreve dois métodos para estimar as emissões de Metano procedentes de aterros: o método de decomposição de primeira ordem, este método gera um perfil de emissões que depende do tempo transcorrido e que reflete melhor as verdadeiras pautas do processo de degradação ao longo do tempo. E o método simplificado, que tem como base a suposição de que o total de metano potencial se libera durante o ano no qual se produz a disposição dos resíduos.

AREA DE ESTUDO

O aterro do Aurá, localizado no bairro de Águas Lindas (Belém - Pará) dista 19 quilômetros do centro de massa da capital, possuindo uma área aproximadamente de 120 hectares. Seu projeto foi concebido pela Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo (SABESP) e possui oito poços de monitoramento, sendo dois poços a montante e seis poços a jusante, da estação de captação e queima de biogás conforme mostra a figura 01.



Figura 01 – planta de captação de gás no sentido montante e jusante



A área está localizada próxima a APA/ Belém – Área de Proteção Ambiental – criada após o início de sua operação em 1990, com uma perspectiva de dezenove anos de operação. Embora o aterro seja de propriedade do município de Belém, recebe também resíduos dos municípios de Ananindeua e Marituba, arcando com todos os custos de operação do destino final dos resíduos. O aterro opera em tempo integral (diurno e noturno), todos os dias, inclusive domingos e feriados.

De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2007), a RMB apresentava 2.043.564 habitantes neste mesmo ano, distribuída em 5 municípios, numa área de 1.819 km², conforme mostrado na Tabela 01.

Tabela 01: Área e População da RMB.

Município	Área (km ²)	População (hab)
Belém	1.065	1.408.847
Ananindeua	185	484.278
Marituba	103	93.416
Benevides	188	43.282
Santa Bárbara do Pará	278	13.714
RMB	1.819	2.043.564

Fonte: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (2007)

Nos dias atuais, somente os municípios de Belém, Ananindeua e Marituba têm depositado seus resíduos no aterro controlado do Aurá/PA.

Segundo o relatório de validação da CONESTOGA – ROVERS E ASSOCIADOS ENGENHARIA AS (CRA, 2006), o aterro sanitário do Aurá recebeu resíduos sólidos não perigosos, municipais, industriais, comerciais, institucionais e alguns resíduos agrícolas durante aproximadamente 15 anos. O projeto envolverá



a construção de um sistema de coleta de gás de aterro sanitário que consiste em uma rede de valas horizontais e poços verticais de extração de gás, sopradores centrífugos e todos os outros subsistemas elétricos e mecânicos de suporte necessários para coletar o Gás de Aterro Sanitário (LFG).

Para combustão do LFG coletado do local, uma unidade de queima (flare) enclausurada, com plenos controles do processo e instrumentação, também será construída e operada. A unidade de queima será capaz de fornecer temperatura e tempo de retenção suficientes do gás de aterro sanitário extraído de forma a obter a destruição completa dos hidrocarbonetos.

As reduções de emissão do aterro sanitário de Aurá serão obtidas através da queima do LFG coletado.

PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O processo de captação do gás produzido no aterro do Aurá/PA é obtido através de um sistema de monitoramento de extração automático de gases para queima, cuja concentração nesse sistema, no período de setembro a novembro de 2008, está apresentada na Tabela 02.

Gás	Concentração (%)
Metano (CH ₄)	45,0
Gás Carbônico (CO ₂)	35,0
Gás Oxigênio (O ₂)	3,0
Balanço	17,0

Fonte: Azevedo (2008).

Tabela 02: Concentração de gás.

Para o sistema, a otimização é de até 3,0 % de O₂, porém é permissível até 5% de O₂ e acima deste valor o sistema é desligado automaticamente e a partir de então se faz a inspeção da rede para localização do problema.

Atualmente o aterro do Aurá/PA recebe por volta de 1600 a 1800ton/dia de resíduos sólidos domiciliar/urbano, com exceção de entulhos.

A área total do aterro corresponde a 120 hectares, sendo que disponíveis para o projeto de MDL há 70 hectares, que destes, apenas 30 hectares estão contemplados com o sistema de captação dos gases. Dentre os 30 hectares mencionados, cerca de 40% corresponde a parte capeada com argila e o restante encontra-se descoberto, ou seja, a céu aberto. No primeiro ano de operação, em 2006, do sistema observou-se que as células cobertas (capeadas) tinham uma maior produção do gás, e consequentemente era possível um aproveitamento na captação do gás de até 70%, enquanto nas células descobertas (a céu aberto) esse percentual é da ordem de 30 a 35%, isso se dá em decorrência do elevado nível de chorume presente no interior das células, tendo como causa principal a entrada de água da chuva e a ausência de drenos de chorume no interior da célula, e também devido à presença de oxigênio, que inibe os microorganismos anaeróbios responsáveis pela produção dos gases, especificamente o metano (CH₄).

Existem 130 poços de captação de gás do tipo vertical distribuídos em 04 células, onde cada uma possui em média área de 150x200m, com cotas de 11,0 a 14,0m de altura, os poços têm uma profundidade média de 10,0m, sendo que deste somente de 1,5 a 3,0m são aproveitados o restante é desperdiçado devido se ter um elevado nível de chorume nas células.

Em virtude da grande ocupação do chorume nesses poços não há uma produção eficiente do gás. Contudo foi implantado um novo método de captação do gás, onde os drenos eram dispostos na horizontal, com a finalidade de drenar o chorume e captar o gás ao mesmo tempo, com isso elevou-se o desempenho do sistema em 4 vezes, ou seja, de 500 m³/h para 2.000 m³/h. Estes dados em algumas semanas foram superados fazendo com que a captação do gás chegasse 3.800 m³/h até a última visita da nossa equipe ao aterro, ou seja, estes valores alteram-se constantemente com o desenvolver do projeto.

A vazão é medida através do aparelho Flowmeter, conforme a figura 02, a seguir:

**Figura 02: Medidor de vazão (Flowmeter)**

Fonte: Pesquisa Direta (2008).

MÉTODOS DE CÁLCULOS

O cálculo utilizado para as emissões de metano provenientes do aterro do Aurá/PA foi à metodologia do IPCC, pois este faz com que ocorra uma maior perspectiva de aproveitamento dos gases gerados no empreendimento, assim tornando uma possibilidade de geração de créditos de carbono e também se enquadrando nos critérios do protocolo de Quioto e do MDL.

Vale ressaltar que devemos levar em consideração as conversões de metano (CH₄) para dióxido de carbono (CO₂).

EQUAÇÃO DE EMISSÃO DE METANO

De acordo com IPCC a determinação de metano pode ser calculada pela seguinte equação:

$$\begin{aligned} & (\text{Pop urb.} * \text{taxa RSD} * \text{RSD}_F * \text{FCM} * \text{COD} * \text{COD}_F * F * 16/12 - R) * (1 - \text{OX}) \\ & = \\ & \text{Emissão de Metano [GgCH}_4\text{/ano]} \end{aligned}$$

Onde:

- Pop urb. : População urbana do local [habitantes];
- Taxa RSD: Taxa de geração de resíduos sólidos domésticos por habitante por ano;
- RSD_F: Fração de resíduos sólidos domésticos que é depositada em locais de disposição de resíduos sólidos [fração adimensional];
- FCM: Fator de correção de Metano [fração adimensional];
- COD: Carbono orgânico degradável no resíduo sólido doméstico [fração adimensional];



- COD_F : Fração de COD que realmente degrada [fração adimensional];
- F: Fração de CH_4 no gás de aterro [fração adimensional];
- 16/12: Taxa de conversão de carbono em Metano [fração adimensional];
- R: Quantidade de Metano recuperado [$GgCH_4/ano$];
- OX: Fator de oxidação [fração adimensional];

Estudos realizados mostram que os aterros sanitários possuem melhores resultados, apresentando oxidação mais alta em relação aos aterros não controlados, pois apresentam um material bastante compactado e pouco arejado, assim podem produzir grandes quantidades de gases originados da decomposição anaeróbia.

O fator de oxidação é a quantidade de metano procedente dos aterros, que se oxida no solo ou em outros materiais que cobrem as camadas dos desperdícios. Um fator de oxidação zero significa que não há oxidação, portanto esse valor irá ser equivalente a 1 (um), ou seja, a porcentagem de oxidação do metano de 100%. Devido seu valor não alterar o resultado final da equação neste trabalho, deve-se desconsiderar sua relevância.

Para o dimensionamento desta equação, foram utilizados cálculos de acordo com cada um dos parâmetros necessários.

RESULTADOS

De acordo com a equação do IPCC, podemos obter resultados satisfatórios dentro dos padrões do Protocolo de Quioto e também do MDL, assim tendo como propósito a redução de emissões de Gás de Efeito Estufa e gerando Reduções Certificadas de Emissões.

POPULAÇÃO ATENDIDA PELO ATERRO DO AURÁ

O aterro do Aurá recebe hoje os resíduos sólidos urbanos gerados pelas populações dos municípios de Belém, Ananindeua e Marituba que totalizam 1.986.541 habitantes (IBGE,2008), segundo tabela 03.

Tabela 03: Cálculo da população estimada a partir dos valores disponíveis nos Censos do IBGE, para os anos estudados.

MUNICÍPIO	POPULAÇÃO TOTAL
BELÉM	1.408.847
ANANINDEUA	484.278
MARITUBA	93.416
TOTAL	1.986.541

Fonte: IBGE (2008)

TAXA DE RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS GERADOS POR HABITANTE (per capita)

Na tabela 04 é apresentado o resultado do Programa de Gerenciamento de Resíduos Sólidos Domiciliares e de Serviços de Saúde (Prolixo). Neste trabalho foi estimada a geração de lixo por habitante de acordo com o número de habitantes do município. Esses dados foram obtidos em um número elevado de municípios do Estado de São Paulo, o que confere credibilidade aos valores médios de geração de resíduos.

**Tabela 04: Geração média de resíduos sólidos por habitante por dia**

POPULAÇÃO	TAXA DE GERAÇÃO DE RESÍDUOS
Até 100.000 hab.	0,4 kg/hab./dia
De 100.001 a 500.000 hab.	0,5 kg/hab./dia
De 500.001 a 1.000.000 hab.	0,6 kg/hab./dia
Mais que 1.000.000 hab.	0,7 kg/hab./dia

Fonte: CETESB , 1992 Apud CETESB , 2006.

No caso específico do aterro do Áura, que atende três municípios da RMB, estudos feitos por Carneiro (2006) obteve uma taxa de geração de RSU no aterro do Aurá/PA, segundo a discriminação a seguir:

Belém.....0,73 kg/hab. x dia
 Ananindeua.....0,60 kg/hab. x dia
 Marituba.....0,50 kg/hab. x dia

Levando-se em consideração um pequeno incremento, na faixa de 12,86%, ocorrido nos últimos dois anos utilizaremos para efeito de cálculo o valor médio de 0,70 kg/hab. x dia.

Taxa RSU por habitante = 0,70 kg/hab.dia

QUANTIDADE ANUAL DE RSU GERADOS (TAXA ANUAL)

A parti da taxa per capita por dia obtemos o valor anual de RSU gerado em Gigagrama.

$$RSU_{Gg} = \frac{Pop\ 2008 \times Taxa\ Per\ Capita \times 365\ dias}{10^6}$$

$$RSU_{Gg} = \frac{1.986.541 \times 0,70 \times 365\ dias}{10^6}$$

FRAÇÃO DE RSU DEPOSITADOS NO ATERRO DO ÁURA

Segundo a Pesquisa Nacional de Saneamento Básico (PNSB), a fração de resíduos sólidos domésticos depositados em aterros ou lixões (rsdF) é de 97,9% (IBGE, 1992).

Dados mais recentes da Pesquisa Nacional por Amostragem de Domicílios (PNAD, 1996) indicam que a população atendida por serviços de coleta de lixo é de 85%. Supõe-se que o primeiro valor esteja superestimado, pois a PNSB é realizada junto às prefeituras e empresas de saneamento, abrangendo um universo restrito. Por outro lado, a PNAD, que é realizada em domicílios, abrange uma amostra que reflete mais adequadamente a realidade do país.

Segundo o IBGE (2008) a população atendida nas cidades de Belém, Ananindeua e Marituba atinge uma eficiência de 85%.

$$RSU_F = 0,85$$

TOTAL ANUAL DE RSU DEPOSITADOS NO ATERRO DO AURÁ

Em função da eficiência da coleta, segundo o IBGE (2008) obtemos o total anual RSU efetivamente depositado no Aura.

$$RSU_{2008} = RSU_{Gg} \times RSU_F$$

$$RSU_{2008} = 507,56 \times 0,85$$

$$RSU_{2008} = 431,43\ Gg$$



FATOR DE CORREÇÃO DO METANO (FCM)

Foi utilizado o valor do IPCC para locais sem classificação, igual a 60%, por não estarem disponíveis na literatura dados de profundidade dos locais de disposição dos resíduos sólidos no Brasil, e no caso em questão, o Aterro do Aurá/PA.

$$\text{FCM} = 0,60$$

FRAÇÃO DE CARBONO ORGÂNICO DEGRADÁVEL (COD)

O carbono orgânico degradável é a fração acessível para a decomposição bioquímica dos resíduos. O valor do carbono orgânico degradável (COD) foi o sugerido pelo IPCC, igual a 12%. Este valor refere-se a uma composição de resíduos que não leva em conta informações de hábitos do Brasil.

Os dados de composição de resíduos nas diferentes cidades brasileiras são escassos e trazem pouca contribuição ao levantamento das emissões de metano. Uma estimativa feita através de amostragem dos resíduos de algumas cidades representativas do perfil nacional daria uma melhor idéia desse valor (CETESB, 2006).

Preliminarmente, pode ser feita uma estimativa do COD, a ser utilizado para o Brasil, a partir de alguns dados disponíveis (Ibidem, 2006).

Segundo o Ministério da Ciência e Tecnologia, através de cálculos de estimativa de valores de COD para cidades brasileiras conhecidas, a média aritmética dessas porcentagens indica que o COD estaria entre 17,8% e 28,4%, contra os 12% recomendados pelo IPCC.

Desta forma utilizaremos o valor médio para cidades brasileiras.

$$\text{COD} = 0,231$$

FRAÇÃO DE CARBONO ORGÂNICO REALMENTE DEGRADÁVEL (CODF)

O CODF corresponde à fração do carbono orgânico degradável que realmente se degrada. O carbono orgânico degradável não se decompõe totalmente e parte permanece no aterro inclusive durante longos períodos de tempo. Na ausência de dados o IPCC propõe um valor de 77% para o CODF. Não se encontra disponível no Brasil estudo semelhante ao realizado por BINGEMER e CRUTZEN (Apud IPCC, 1996). Portanto, o valor utilizado para CODF neste trabalho é 77%, como recomenda o IPCC.

$$\text{COD}_F = 0,77$$

FRAÇÃO DE CARBONO ORGÂNICO REALMENTE DEGRADÁVEL (CODF)

O IPCC considera a fração de metano no gás de aterro igual a 50%, pois este é um estudo feito em aterros com potencial para recuperação energética do metano.

Um estudo sobre dados de composição de gás de aterro da região metropolitana da cidade de São Paulo confirma o valor utilizado para a concentração dos gases de aterro no Brasil, que é o mesmo recomendado pelo IPCC.

$$F = 0,5$$

TAXA DE CONVERSÃO DE CARBONO EM METANO (f)

Segundo os estudos do IPCC estima-se que a taxa de conversão é igual a razão de 16/12.

$$f = 1,3333$$



TAXA DE GERAÇÃO POTENCIAL DE METANO POR UNIDADE DE RSU

A taxa de geração potencial de metano é determinada em função dos seguintes valores:

COD (CETESB, 2006) = 0,31 (cidades brasileiras)

CODF (IPCC, 1996) = 0,77 (quando não à estudos)

F (IPCC, 1996) = 0,5 (Aterros com células cobertas)

f = 1,3333

Onde:

$(Gg\ CH_4/Gg\ RSU) = COD \times CODF \times F \times f$

$(Gg\ CH_4/Gg\ RSU) = 0,231 \times 0,77 \times 0,5 \times 1,3333$

$$(Gg\ CH_4/Gg\ RSU) = 0,118$$

TAXA DE GERAÇÃO ESPECÍFICA DE METANO POR UNIDADE DE RSU NO ATERRO DO AURÁ

De posse da geração potencial de metano, aplicando o fator de correção do IPCC, temos:

$$(Gg\ CH_4/Gg\ RSU)_{Aurá} = FCM \times (Gg\ CH_4/Gg\ RSU)$$

$$(Gg\ CH_4/Gg\ RSU)_{Aurá} = 0,60 \times 0,118$$

$$(Gg\ CH_4/Gg\ RSU)_{Aurá} = 0,0708$$

GERAÇÃO ANUAL DE METANO (Gg CH₄)

A geração anual é determinada pela aplicação da taxa específica de geração na quantidade anual de RSU.

$$Gg\ CH_{4Aurá} = (Gg\ CH_4/Gg\ RSU)_{Aurá} \times RSU_{Gg}$$

$$Gg\ CH_{4Aurá} = 0,0708 \times 507,56$$

QUANTIDADE DE METANO RECUPERADO POR ANO (R)

Segundo informação do Engenheiro responsável pelo projeto, Jeancarlo Azevedo, o metano recuperado é de 3.800 m³/h.

$$CH_{4Recuperado} = 3.800\ m^3/h.$$

$$t = 8\ \text{horas (Tempo utilizado numa jornada normal de trabalho)}$$

$$\text{Ano} = 365\ \text{dias}$$

$$R = \frac{3.800 \times t \times \text{dias}}{10^6}$$

$$R = \frac{3800 \times 8 \times 365}{10^6}$$

$$R = 11,096\ Gg$$

EMIÇÃO DE METANO DO AURÁ PARA A ATMOSFERA

Após obtido os dados de geração de metano e aplicado sobre o mesmo o valor de metano recuperado segundo Azevedo (2008), temos que ainda é emitido para atmosfera cerca de 2/3 do metano gerado

$$E_{CH_4/ano} = Gg\ CH_{4Aurá} - R$$

$$E_{CH_4/ano} = 35,94 - 11,096$$

$$E_{CH_4/ano} = 24,844\ Gg$$



VOLUME CORRESPONDENTE DE METANO

Utilizando os valores de metano em Gg e de posse do peso específico do metano encontramos os seus correspondentes volumes em m³.

■ VOLUME GERADO

$$V_{\text{Gerado CH}_4} = \frac{35.940}{P_{\text{CH}_4}}$$

$$V_{\text{Gerado CH}_4} = \frac{35.940}{0,7167}$$

$$V_{\text{Gerado CH}_4} = 50.146,50 \text{ m}^3$$

VOLUME RECUPERADO

$$V_{\text{Recuperado CH}_4} = \frac{11.096}{P_{\text{CH}_4}}$$

$$V_{\text{Recuperado CH}_4} = \frac{11.096}{0,7167}$$

VOLUME EMITIDO

$$V_{\text{Emitido CH}_4} = \frac{24.844}{P_{\text{CH}_4}}$$

$$V_{\text{Emitido CH}_4} = \frac{24.844}{0,7167}$$

$$V_{\text{Emitido CH}_4} = 34.664,34 \text{ m}^3$$

A partir da análise realizada sobre os valores obtidos, observamos que o de metano emitido corresponde a 69% enquanto, o de metano recuperado é de aproximadamente 31%, o que demonstra que o projeto ainda não atingiu a sua eficiência plena. De acordo com a metodologia do IPCC, foi calculada a quantidade de metano recuperada por ano. Diante do estudo realizado no Aterro do Aurá, foi feita uma projeção da quantidade estimada do total de CRE's nos dez anos de validade do projeto. Contudo, os créditos de carbono são contabilizados em emissões de CO₂ equivalentes. Nesse sentido, faz-se necessária a conversão de metano para dióxido de carbono.

O metano foi calculado em Giga grama (Gg), e os créditos são calculados em toneladas. Para a conversão de Gg para tonelada, utilizou-se a regra de 3 (três): 1 tonelada equivale a 106; Sendo que, uma tonelada de Metano equivale a 21 toneladas de CO₂; e o valor é estimado para 10 anos. Aplicando o método encontramos o valor em toneladas equivalentes de dióxido de carbono de 2.330.160 t CO₂e.

De acordo com a CRA, a estimativa da quantidade total de reduções de emissão para o período de crédito (10 anos) é de 3.201.518,5 t CO₂e.

O resultado encontrado nesta avaliação vai contra ao valor estimado pela empresa, isto ocorre possivelmente, devido o método do IPCC avaliar as maiores quantidades de metano, entretanto não deve ser utilizado para estimativas que exijam uma maior precisão.

Para efeito de comercialização dos créditos de carbono, baseados nos valores do Banco Mundial que variam de US\$ 5 a US\$15, foi encontrada uma receita de valores mínimos e máximos conforme a tabela 05:

**Tabela 05: Estimativa da receita anual de CO₂.**

Produção de CO ₂ (ton/ano)	Receita Estimada de CO ₂ (US\$/ano)	
	US\$ 5,00	US\$ 15,00
233.016	1.165.080,00	3.495.240,00

Fonte: Pesquisa Direta (2008).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos com a avaliação realizada no projeto de MDL do Aterro do Aurá/PA, notou-se que o mesmo não está explorando todo o seu potencial energético devido ao pouco tempo de implantação, e aos estudos que estão sendo realizados referentes à metodologia de locação da rede de captação de gases, para verificar a otimização do sistema.

Observou-se a ausência de cobertura (capeamento) na maioria das células, nas quais estão locadas as redes de captação de gases, o que reduz ainda mais a eficiência do sistema em aproximadamente 35%.

Para que o sistema alcance uma eficiência de 80%, recomenda-se o capeamento das células, com isso a produção de chorume aumentaria consideravelmente e diminuiria a entrada de oxigênio no interior das mesmas, aumentando assim a proliferação dos microorganismos anaeróbios, responsáveis pela produção de gases.

Outro fator que contribuiu para os números alcançados estarem em discordância com o esperado pela empresa, seria o atraso no processo da anaerobiose das bactérias, devido à aceleração de captação do biogás, que ocasionou a destruição de uma quantidade significativa da colônia de microorganismo existente no aterro, segundo informações do responsável técnico do projeto.

Uma maneira de lucrar apenas com a captação, estaria no aproveitamento energético do biogás, que já é muito utilizado no exterior, mas no Brasil constam apenas projetos teóricos. No aterro já existem especulações para a implantação de um projeto para produção de energia, a princípio para abastecer o próprio sistema de captação e queima que ocorre no Aurá/PA; ou até mesmo o refinamento do gás carbônico para comercialização.

O projeto tem tudo para ser bem sucedido em termos técnico e financeiro. Do ponto de vista ambiental essa iniciativa é de grande valia para a redução dos impactos causados no meio ambiente em decorrência da grande quantidade de emissão dos gases produzidos no aterro do Aurá/PA.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). Resíduos sólidos: classificação - NBR10004. São Paulo, 2004.
2. Brasil. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental - CETESB. Primeiro Inventário Brasileiro de Emissões Antrópicas de Gases de Efeito Estufa – Relatório de Referência: Emissões de Metano no Tratamento e na Disposição de Resíduos. – São Paulo: Ministério da Ciência e Tecnologia - MCT, 2006. 86p.
3. Brasil. SECRETARIA NACIONAL DE SANEAMENTO AMBIENTAL. Programa de Modernização do Setor Saneamento: O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo nos Empreendimento de Manejo de Resíduos Sólidos Urbanos e o Impacto do Projeto de Lei nº. 5296/2005. – Brasília: Ministério das Cidades, 2006. 78p. (Saneamento para Todos; 3º volume).
4. CARNEIRO, Paulo Fernando Norat. Caracterização física e avaliação econômica da potencialidade da coleta seletiva dos resíduos sólidos domiciliares gerados nos municípios de Belém e Ananindeua – Pará. 2006. 161 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Centro Tecnológico, Universidade Federal do Pará. Belém, 2007.
5. CONESTOGA – ROVERS E ASSOCIADOS ENGENHARIA SA. Relatório de Validação. Projeto de Gás de Aterro Sanitário do Aurá. Disponível em: <http://www.mct.gov.br/index.php/content/view/58116.html>. Acesso em: set. 2008.
6. FONSECA, Edmilson. Iniciação ao Estudo dos Resíduos Sólidos e da Limpeza Urbana. João Pessoa – PB: JRC Gráfica e Ed., 2ª Ed. 2001.



7. ENSINAS, A. V. Estudo da geração de biogás no aterro sanitário Delta em Campinas/SP.(Dissertação de Mestrado) Universidade de Campinas, UNICAMP, Campinas, 2003.Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC. National Greenhouse Gas Inventories Programme – NGGIP. Orientación del IPCC sobre las buenas prácticas y la gestión de la incertidumbre en lo inventarios nacionales de gases de efecto invernadero. Capítulo 5: Desechos. 35 p. Disponível em <http://www.ipcc-nggip.iges.or.jp>. Acesso em 16/12/2008.
8. LANDTEC Brazil. Disponível em: www.landtecbrazil.com.br. Acesso em 11/01/2009.
9. LIMA, José Dantas de. Sistema Integrado de Destinação Final de Resíduos Sólidos Urbanos. 1ª ed. Campina Grande: ABES, 2005. 280p.
10. MONTEIRO, José Henrique Penido. Manual de Gerenciamento Integrado de resíduos sólidos. Coordenação técnica Victor Zular Zveibil. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Administração Municipal - IBAM, 2001.
11. NEVES, Leonardo Araújo. CURSO DE GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS. Instituto de Estudos Superiores da Amazônia (IESAM) - Diretoria de Pesquisa, Pós-Graduação e Extensão. 2007.
12. O Mecanismo de Desenvolvimento Limpo – MDL: guia de orientação / Coordenação-geral Ignez Vidigal Lopes. – Rio de Janeiro: Fundação Getulio Vargas - FGV, 2002.
13. SANTEC RESÍDUOS. Estudo e análises geológicas e geotécnicas. Disponível em <http://www.santecresiduos.com.br>. Acesso em 11/01/2009.
14. WILLUMSEN, H. C. “Energy Recovery from Landfill Gas in Denmark and Worldwide”. LG Consultant, 2001.